

Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh 2,4-D (Dichlorophenoxyacetid- Acid) Dan Kinetin Terhadap Induksi Kalus Dari Eksplan Daun Kayu Manis (*Cinnamomun Burmanii*)

Muhammad Teguh Satria^{*}, Neliyati dan Jasminarni
Jurusan Agroekoteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Jambi
Jl. Raya Jambi – Ma. Bulian KM. 15 Kampus Pinang Masak, Mendalo Darat, 36361
e-mail: satria.mtpr@gmail.com (*Penulis untuk korespondensi)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh interaksi antara konsentrasi zat pengatur tumbuh 2,4-D dan kinetin terhadap induksi kalus dari eksplan daun kayu manis serta untuk mendapatkan kombinasi konsentrasi yang tepat untuk menginduksi kalus. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Tanaman Fakultas Pertanian, Universitas Jambi, Desa Mendalo Darat, Kecamatan Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Jambi. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan pola faktorial, faktor pertama taraf konsentrasi zat pengatur tumbuh 2,4-D 1,2,3,4,5 ppm dan faktor kedua taraf konsentrasi zat pengatur tumbuh kinetin 0,1 ; 0,5 ; 1.0 ppm sehingga di dapatkan 15 perlakuan, setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali maka di dapatkan 45 satuan percobaan. Masing-masing satuan percobaan terdiri dari 3 botol dan terdapat satu eksplan dalam setiap botol. Eksplan di induksi selama 3 bulan. Parameter yang diamati yaitu waktu muncul kalus diamati 2 hari setelah tanam sampai 3 bulan, warna kalus, struktur kalus, persentase eksplan membentuk kalus dan berat kalus diamati di akhir penelitian. Hasil penelitian menunjukkan pada parameter waktu muncul kalus tercepat 15,33 HSK dengan pemberian zat pengatur tumbuh 2,4-D 1 ppm. Semua perlakuan dapat menginduksi kalus 100% dan terdapat berbagai variasi warna yang dihasilkan. Serta kalus yang dihasilkan kalus berstruktur remah dan kompak.

Kata Kunci: kalus, kayu manis, 2,4-D, kinetin

PENDAHULUAN

Kayu manis (*C. burmanii*) merupakan salah satu komoditi perkebunan yang hasil produksinya diperoleh pada bagian kulit batang. Tanaman kayu manis memiliki banyak kandungan yang dapat digunakan sebagai rempah-rempah penyedap makanan dan sebagai obat dalam bidang kesehatan (Rismunandar 1995). Kayu manis merupakan salah satu komoditi yang diekspor oleh Indonesia ke beberapa negara, seperti Arab, Turki, Korea, dan negara lainnya. Berdasarkan data statistik perkebunan Indonesia Kementerian Pertanian (2017) ekspor produk kulit manis dari tahun ke tahun selalu berfluktuasi. Tahun 2013 terjadi kenaikan ekspor kayu manis yaitu sebanyak 52.507 ton dan tahun 2014 juga terjadi kenaikan sehingga Indonesia mengeksport sebanyak 63.791 ton. Pada tahun 2015

berdasarkan angka sementara yang telah di update pada tahun 2017 terjadi penurunan ekspor kayu manis sebanyak 55.027 ton.

Salah satu penyebab turunnya ekspor kayu manis adalah turunnya produktivitas kayu manis. Pada tahun 2014 dan 2015 terjadi pertambahan luas area kayu manis, kemudian diikuti dengan kenaikan produksi kayu manis. Akan tetapi produktivitas kayu manis menurun. Permasalahan utama yang dihadapi dalam ekspor kayu manis sampai saat ini adalah produktivitas yang menurun. Hal ini disebabkan oleh budidaya petani masih bersifat tradisional. Permasalahan ini tidak terlepas dari kendala bahan tanaman, teknologi budidaya, serangan hama dan penyakit, pasca panen, agroekologi dan sosial ekonomi yang masih kurang menguntungkan petani kayu manis.

Perbanyakan kayu manis bisa dilakukan dengan cara perbanyakan generatif dan vegetatif. Perbanyakan generatif diperbanyak melalui biji sedangkan perbanyakan vegetatif dapat diperbanyak dengan tunas, stek dan kultur jaringan (Hadi dan Napitulu, 2011). Perbanyakan secara vegetatif lebih menguntungkan dibandingkan secara generatif, karena perbanyakan secara generatif akan membutuhkan waktu yang lebih lama dan tanaman baru bersifat heterozigot atau tidak sama dengan induknya serta membutuhkan bahan tanam yang banyak. Sedangkan perbanyakan vegetatif dengan teknik kultur jaringan memiliki keuntungan yaitu, tidak merusak pohon induk, membutuhkan bahan tanam yang sedikit dan dapat menghasilkan bibit dalam jumlah yang banyak dengan waktu yang singkat.

Solusi yang dapat dilakukan yaitu dengan teknik kultur jaringan. Teknik kultur jaringan yang dilakukan untuk memperbanyak bibit kayu manis adalah dengan induksi kalus. Kalus merupakan suatu kumpulan sel yang terbentuk dari sel-sel jaringan yang membelah diri secara terus menerus dan belum mempunyai arah pertumbuhan baik ke arah tunas maupun akar. Tujuan induksi kalus adalah untuk produksi planlet baru secara besar-besaran, dimana sel-sel kalus diperbanyak secara terus-menerus kemudian dapat dipisahkan dan diinduksi untuk berdiferensiasi menjadi embrio somatik kemudian menjadi planlet (Sandra, 2013). Sehingga pemenuhan bibit kayu manis dapat dicapai dalam waktu yang singkat dan jumlah yang banyak. Penggunaan kalus sebagai bentuk perbanyakan tanaman dapat menguntungkan karena pembentukan kalus dapat diinisiasi dari jaringan manapun pada tanaman.

Zat pengatur tumbuh sangat berperan penting dalam menginduksi kalus. Penggunaan zat pengatur tumbuh dengan konsentrasi yang tepat dapat menentukan pembentukan dan pertumbuhan kalus. Faktor yang perlu diperhatikan dalam penggunaan zat pengatur tumbuh antara lain jenis zat pengatur tumbuh yang akan digunakan, konsentrasi, urutan penggunaan dan periode masa induksi dalam kultur tertentu (Gunawan, 1995).

Pengaruh zat pengatur tumbuh dalam pembentukan kalus telah banyak dilaporkan, seperti; menurut Lizawati *et al.*, (2012) pemberian 2,4-D 4 ppm + BAP 0,5 ppm menunjukkan bahwa waktu muncul kalus pada eksplan daun durian paling cepat yaitu 8 hari setelah kultur (HSK). Menurut Fadilah *et al.*, (2014), Penambahan zat pengatur tumbuh 0,5 mg L⁻¹ IBA dan 1,5 mg L⁻¹ kinetin merupakan kombinasi konsentrasi yang terbaik untuk kecepatan waktu induksi kalus daun tin yaitu 20 hari. Menurut Rahayu *et al.*, (2003), penambahan 2,4-D 0,5 ppm dan kinetin 0,5 ppm pada media MS (Murrashig Skoog) dapat memacu pembentukan kalus *Acalypha indica*. Induksi terbaik embrio somatik kopi Arabika varietas Kartika-1 secara langsung dari kultur daun muda diperoleh pada media MS standard yang diberi 4 mg L⁻¹ 2,4-D dan dikombinasikan dengan 0,1 mg L⁻¹ kinetin yang dapat menginduksi seluruh eksplan dalam waktu empat minggu setelah kultur menurut Riyadi dan Tirtoboma (2004).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh interaksi antara konsentrasi zat pengatur tumbuh 2,4-D dan kinetin terhadap induksi kalus dari eksplan daun kayu manis dan untuk mendapatkan kombinasi yang tepat untuk menginduksi kalus.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Tanaman Fakultas Pertanian, Universitas Jambi, Desa Mendalo Indah, Kecamatan Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Jambi. Pelaksanaan penelitian ini berlangsung selama 3 bulan dari bulan Maret sampai bulan Juni tahun 2017. Bahan yang digunakan adalah eksplan daun kayu manis yang berasal dari bibit daerah Kabupaten Kerinci yang berumur 6-7 bulan dan eksplan yang diambil daun ke-3 dan 4 dari pucuk. Media yang digunakan adalah media *Murashige dan Skoog* (MS).

Sterilisasi eksplan dibilas dengan air mengalir hingga bersih kemudian eksplan dicuci dalam air yang diberi 0,5 ml *tween*-80. Setelah itu eksplan direndam dengan bakterisida dan fungisida masing-masing 5 g dalam 100 ml air. Kemudian disteril kembali dengan larutan NaClO yang sudah diencerkan 1% dalam 100 ml air. Selanjutnya eksplan

daun steril dibuang bagian tepi daun dan pertulangan daun. Kemudian daun dipotong menjadi 3 bagian, bagian ujung, tengah, pangkal daun yang berukuran $\pm 1 \times 0,5$ cm dikulturkan dan ditumbuhkan pada ruang kultur pada suhu $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$.

Rancangan penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan pola Faktorial. Faktor pertama perlakuan konsentrasi 2,4-D 1, 2, 3, 4, 5 ppm dan faktor kedua konsentrasi kinetin 0,1 ; 0,5 ; 1,0 ppm. Setiap perlakuan terdiri dari 9 botol kultur tiap botol kultur ditanam 1 eksplan. Eksplan dikulturkan pada media induksi selama 12 minggu. Pengamatan dilakukan terhadap waktu muncul kalus yang diamati setiap hari sedangkan untuk warna kalus, struktur kalus, persentase eksplan berkalus dan berat kalus diamati pada akhir penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Waktu munculnya kalus

Berdasarkan hasil analisis ragam terhadap waktu muncul kalus pada berbagai taraf konsentrasi 2,4-D dan kinetin menunjukkan tidak terdapat interaksi. Pengaruh berbagai konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh berbagai taraf konsentrasi 2,4-D dan kinetin terhadap waktu munculnya kalus (HSK).

2,4-D	Kinetin			Rata-rata
	0,1 ppm	0,5 ppm	1,0 ppm	
1 ppm	15,33	23,44	24,00	20,93
2 ppm	20,89	22,11	18,00	20,33
3 ppm	19,56	22,22	23,56	21,78
4 ppm	22,89	20,78	24,89	22,85
5 ppm	19,11	21,67	29,22	23,33
Rata-rata	19,56	22,04	23,93	

Kalus yang terbentuk berada pada eksplan yang mengalami perlukaan dan kalus yang muncul lebih cepat pada pertulangan daun. Menurut Lizawati et al., (2012) menyatakan bahwa pembentukan kalus diawali dengan terjadinya pembengkakan pada permukaan eksplan. Pembengkakan ini disusul dengan terbentuknya kalus pada pinggir daun dan permukaan pertulangan daun, karena pertulangan daun merupakan daerah peyalur makanan ke seluruh bagian permukaan daun sehingga sel yang terdapat dekat pertulangan daun dapat membelah dan membentuk kalus.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh faktor tunggal. Berdasarkan Tabel 1. waktu muncul kalus paling cepat pada pemberian 1,0 ppm 2,4-D dan 0,5 ppm kinetin yaitu rata-rata waktu muncul kalus 15,33 HSK. Pemberian konsentrasi 1,0 ppm 2,4-D dan 0,5 ppm kinetin diduga merupakan konsentrasi yang seimbang untuk waktu muncul kalus yang lebih cepat. Hal ini sejalan dengan yang diungkapkan oleh Skoog dan Miller (1957) dalam Ikeuchi *et al.*, (2013) dengan penambahan auksin dan sitokinin dalam jumlah yang seimbang dapat memacu pembentukan kalus.

Berdasarkan Tabel 1. waktu muncul kalus paling lama muncul pada taraf konsentrasi 5 ppm 2,4-D dan 1,0 ppm kinetin yaitu 29,22 HSK. Hal ini diduga karena auksin endogen yang dimiliki eksplan cukup tinggi dan konsentrasi 2,4-D yang diberikan pada eksplan termasuk tinggi sehingga menghambat pertumbuhan kalus pada eksplan. Pada kadar yang tinggi, auksin lebih bersifat menghambat dari pada merangsang pertumbuhan (Hendaryono dan Wijayan, 1994).

Pemberian auksin sangat efektif untuk menginduksi pembentukan kalus, walaupun demikian peranan sitokinin sangat dibutuhkan untuk proliferasi kalus sehingga kombinasi auksin dan sitokinin sangat baik untuk memacu pertumbuhan kalus (Abidin, 1983 dalam Wahyuningtyas *et al.*, (2014)). Pemberian 2,4-D lebih tinggi dari pada pemberian kinetin dengan adanya perbedaan konsentrasi antara 2,4-D dan kinetin dapat memacu terbentuknya kalus. Hal ini sependapat dengan Thomy (2012) menyatakan bahwa secara umum penambahan auksin pada konsentrasi tinggi memacu pembentukan kalus, sebaliknya jika perbandingan auksin dan sitokinin di dalam media lebih rendah akan memacu pertumbuhan eksplan beregenerasi membentuk organ.

Warna Kalus

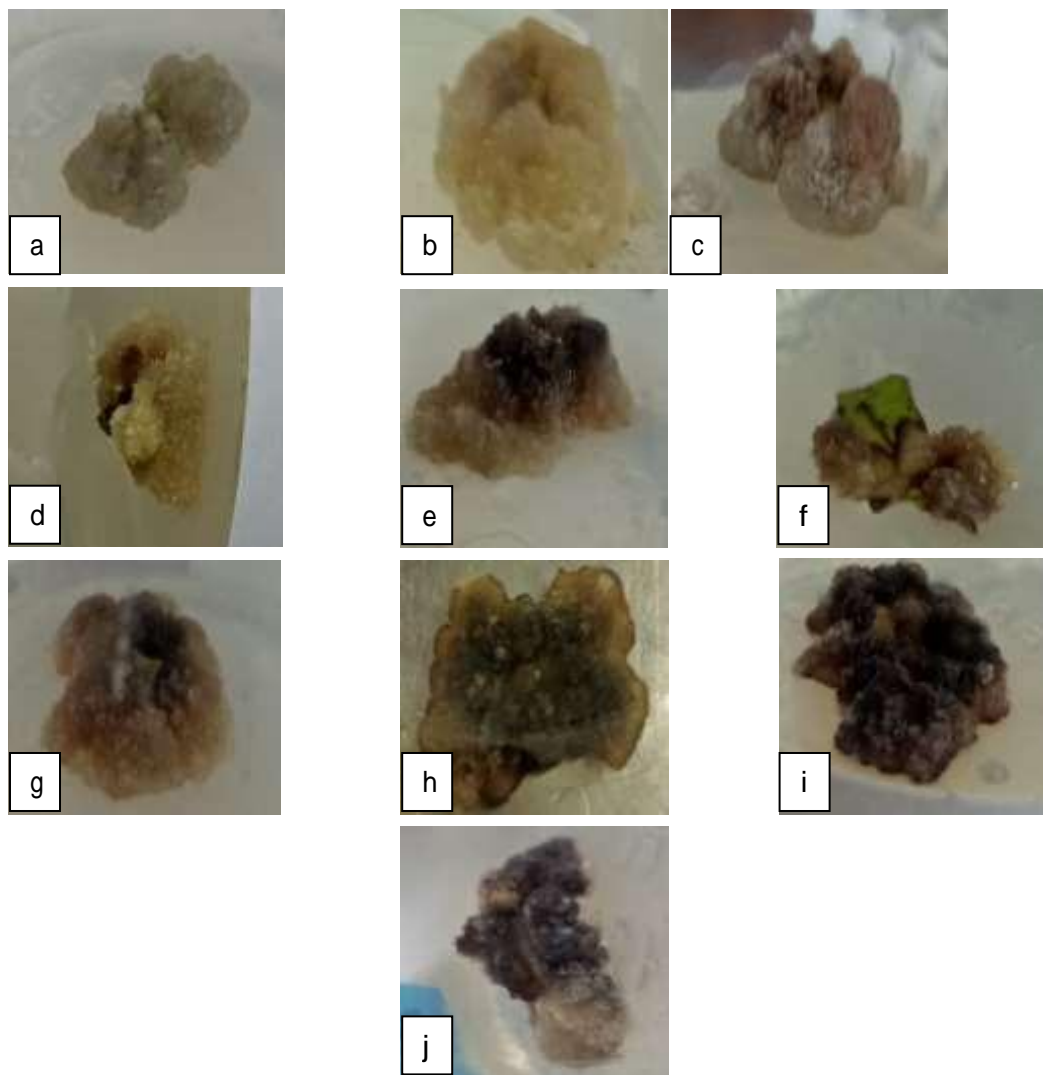
Hasil analisis deskriptif parameter warna kalus dengan berbagai taraf konsentrasi zat pengatur tumbuh 2,4-D dan kinetin pada eksplan daun kayu manis dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan tabel Tabel 2. warna kalus yang terbentuk dari eksplan daun kayu manis mengalami beberapa variasi warna kalus. Adapun warna kalus yang dihasilkan yaitu, putih, putih kekuningan, putih kecoklatan, putih kehijauan, putih kehitaman, coklat, coklat keputihan, coklat kehitaman, hitam, dan hitam keputihan. Warna kalus dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan hasil pengamatan deskriptif terhadap parameter warna kalus dari eksplan daun kayu manis terhadap pemberian berbagai taraf konsentrasi zat pengatur

tumbuh 2,4-D dan kinetin menunjukkan berbagai variasi warna yang muncul. Warna kalus dominan berwarna putih dan putih kekuningan, warna kalus yang berwarna putih kekuningan dalam pertumbuhannya kalus tersebut memperlihatkan warna menjadi kuning muda. Menurut Fatmawati (2008) *dalam* Andaryani (2010), warna kalus mengindikasikan keberadaan klorofil dalam jaringan, semakin hijau warna kalus semakin banyak pula kandungan klorofilnya. Warna terang atau putih dapat mengindikasikan bahwa kondisi kalus masih cukup baik. Berdasarkan warna kalus yang dominan pada penelitian ini dapat dikatakan kualitas kalus cukup baik.

Tabel 2. Pengaruh berbagai taraf konsentrasi 2,4-D dan kinetin terhadap warna kalus.

2,4-D	Kinetin		
	0,1 ppm	0,5 ppm	1,0 ppm
1 ppm	Dominan coklat kehitaman Coklat keputihan Putih Putih kecoklatan	Dominan putih kekuningan Putih Putih kehijauan Coklat keputihan Hitam	Dominan putih Putih kecoklatan Putih kekuningan Coklat kehitaman Coklat
2 ppm	Dominan putih Putih kekuningan Putih kecoklatan Putih kehijauan	Dominan putih kekuningan Putih Putih kecoklatan	Dominan putih Coklat kehitaman Putih kekuningan Hitam keputihan
3 ppm	Dominan putih kekuningan Putih Putih kecoklatan	Dominan putih kekuningan Putih Putih kecoklatan	Dominan putih Putih kecoklatan Coklat Putih kekuningan
4 ppm	Dominan putih Putih kekuningan Coklat keputihan Coklat	Dominan putih Putih kekuningan Putih kecoklatan Coklat keputihan Coklat kehitaman Hitam	Dominan putih Putih kekuningan Coklat Putih kehitaman Putih kehijauan
5 ppm	Dominan putih kekuningan Putih Putih kecoklatan Coklat Hitam keputihan Hitam	Dominan putih Coklat kehitaman Coklat keputihan Putih kecoklatan Putih kekuningan Hitam	Dominan putih Putih kecoklatan Coklat Putih kehijauan Hitam keputihan



Gambar 1. Warna kalus yang berumur 12 MSK. a. Putih, b. Putih kekuningan, c. putih kecoklatan, d. Putih kehijauan, e. putih kehitaman, f. Coklat, g. Coklat keputihan, h. Coklat kehitaman, i. Hitam, j. hitam keputihan.

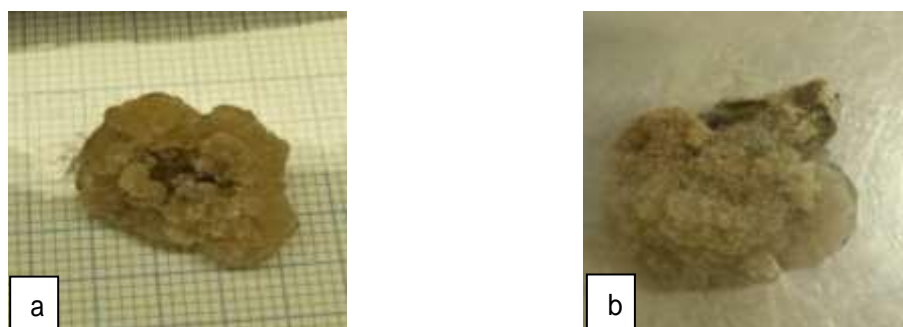
Pada penelitian ini ada juga beberapa kalus yang terbentuk berwarna kecoklatan hingga hitam. Warna kalus saat masih segar atau saat eksplan berumur 30-70 HSK dominan berwarna putih dan putih kekuningan, namun pada umur 71- 90 HSK sebagian kalus berubah warna menjadi kecoklatan hingga hitam. Warna kecoklatan dan hitam diduga disebabkan adanya metabolisme senyawa fenol yang bersifat toksik, adanya perubahan warna seperti ini disebut dengan browning. Hal ini sejalan dengan yang diungkapkan Hendranyono *et al.*, (1994) yang menyatakan bahwa browning disebabkan oleh senyawa fenol yang dihasilkan oleh eksplan yang mengalami oksidasi. Senyawa fenol akan teroksidasi membentuk quinon yang memiliki sifat racun terhadap sel-sel tanaman dan dapat menyebabkan kematian pada sel-sel tanaman. Oksidasi fenol juga dapat

menyebabkan pencoklatan medium dan akan mengakibatkan kematian eksplan, pencoklatan juga disebabkan oleh perlukaan saat pemotongan pada jaringan, jaringan yang terluka akan menyebabkan stres pada eksplan. Perubahan ini dapat juga diduga terjadinya nekrosis, menurut Abousalim dan Mantell (1994) dalam Zulkarnain (2009), menyatakan gejala awal dari fenomena ini adalah terjadinya nekrosis berwarna coklat pucat kemudian berkembang pada ujung dan tepi daun muda sebelum terjadi nekrosis yang lebih merata pada keseluruhan meristem yang pada akhirnya berwarna hitam atau mati.

Tabel 3. Pengaruh berbagai taraf konsentrasi 2,4-D dan kinetin terhadap struktur kalus.

2,4-D	Kinetin		
	0,1 ppm	0,5 ppm	1,0 ppm
1 ppm	Remah, Kompak Dominan Remah	Remah, Kompak Dominan Remah	Remah, Kompak Dominan Kompak
2 ppm	Remah, Kompak Dominan Remah	Remah, Kompak Dominan Remah	Remah, Kompak Dominan Remah
3 ppm	Remah, Kompak Dominan Kompak	Remah, Kompak Dominan Remah	Remah Remah
4 ppm	Remah, Kompak Dominan Remah	Remah, Kompak Dominan Remah	Remah Remah
5 ppm	Remah, Kompak Dominan Remah	Remah, Kompak Dominan Remah	Remah Remah

Berdasarkan Tabel 3. Menunjukkan bahwa struktur kalus pada penelitian ini didominasi berstruktur remah namun juga terdapat kalus yang berstruktur kompak. Struktur kalus dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur kalus yang berumur 12 MSK. a. Kalus berstruktur kompak, b. kalus berstruktur remah.

Berdasarkan hasil pengamatan struktur kalus terhadap pemberian zat pengatur tumbuh 2,4-D dan kinetin dengan beberapa konsentrasi pada eksplan daun kayu manis menghasilkan kalus yang berstruktur remah dan kompak. Pengamatan dilakukan setelah kalus berumur 12 MSK dan dilakukan secara visual. Berbagai perlakuan pemberian zat pengatur tumbuh 2,4-D dan kinetin

Struktur Kalus

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap parameter struktur kalus, kalus yang terbentuk dari induksi kalus eksplan daun kayu manis dengan pemberian perlakuan berbagai taraf konsentrasi zat pengatur tumbuh 2,4-D dan kinetin pada media MS secara kultur jaringan dapat dilihat pada Tabel 3. yang struktur remah lebih dominan dibandingkan struktur kompak. berdasarkan 15 perlakuan, 13 perlakuan membentuk kalus dominan berstruktur remah dan 2 perlakuan membentuk struktur dominan kompak.

Kalus remah merupakan kalus yang tersusun atas sel-sel yang panjang bebrbentuk tubular yang mana struktur sel-selnya renggang tidak teratur dan mudah rapuh (Manuhara, 2001). Kalus yang kompak mempunyai struktur sel yang rapat, padat dan sulit untuk dipisah-pisahkan dan mempunyai vakuola yang lebih besar dalam sel-selnya serta mempunyai dinding polisakarida yang lebih besar (Herwinaldo, 2010). Terbentuknya kalus berstruktur remah dipicu adanya hormon auksin endogen yang diproduksi secara internal oleh eksplan yang timbul dalam membentuk kalus (Widyawati, 2010).

Kualitas dari suatu kalus juga dapat dilihat dari struktur kalus, pada penelitian ini kalus yang terbentuk dominan berstruktur remah dan dapat dikatakan kalus berkualitas baik. Hal ini sejalan dengan yang diungkapkan Thomy (2012) mengatakan bahwa struktur kalus yang remah atau mudah pecah dianggap baik. Hal ini dikarenakan kalus yang remah mudah untuk melakukan pemisahan menjadi sel-sel tunggal, disamping itu akan meningkatkan aerasi oksigen antar sel. Adanya struktur tersebut dapat mengupayakan untuk perbanyakan dalam hal jumlah kalus yaitu melalui suspensi yang lebih mudah. Kalus terbentuk karena adanya keseimbangan antara pemberian auksin dan sitokinin.

Persentase Eksplan Membentuk Kalus (%)

Hasil pengamatan terhadap persentase eksplan membentuk kalus pada penelitian ini menunjukkan bahwa 100% eksplan daun kayu manis yang dikulturkan di media MS dengan berbagai konsentrasi zat pengatur tumbuh 2,4-D dan kinetin. Eksplan dikatakan berhasil apabila eksplan membentuk kalus dan tidak terjadi kontaminasi. Pemberian berbagai konsentrasi 2,4-D dan kinetin memberikan respon positif dalam menginduksi kalus. Adanya respon tersebut maka dapat dikatakan bahwa 2,4-D dan kinetin merupakan zat pengatur tumbuh yang baik untuk menginduksi kalus yang berasal eksplan daun kayu manis.

Salah satu penyebab keberhasilan dalam teknik kultur jaringan yaitu kondisi fisiologis eksplan. Kondisi fisiologis eksplan dari suatu tanaman bervariasi secara alami.

Sejalan dengan pertumbuhan tanaman yang melewati fase-fase yang berbeda dan perubahan kondisi lingkungan (Zulkarnain, 2009). Hal ini juga dijelaskan oleh Taji *et al.*, (1995) dalam Zulkarnain (2009) suatu respon pertumbuhan tertentu dalam kultur jaringan, adanya interaksi kondisi fisiologis bahan yang dikulturkan dengan faktor-faktor lingkungan. Keadaan lingkungan kultur seperti cahaya, suplai air, hara ataupun zat pengatur tumbuh dapat dimodifikasi sedemikian rupa untuk mengontrol kondisi fisiologis eksplan.

Eksplan yang digunakan berasal dari jaringan muda dapat membentuk kalus. Hal ini sejalan dengan Chawla (2003) menyatakan bahwa eksplan yang berasal dari jaringan muda dan sehat, umumnya lebih responsif dalam kultur jaringan sehingga proses regenerasi sel dapat berlangsung dengan cepat. Pemberian zat pengatur tumbuh 2,4-D dan kinetin dapat menginduksi pembentukan eksplan 100%.

Berat Kalus

Hasil analisis ragam terhadap berat kalus dari eksplan daun kayu manis pada berbagai taraf konsentrasi 2,4-D dan kinetin menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi. Akan tetapi berpengaruh nyata pada faktor tunggal kinetin. Pengaruh berbagai taraf konsentrasi 2,4-D dan kinetin terhadap berat kalus dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh berbagai taraf konsentrasi 2,4-D dan kinetin terhadap berat kalus (g).

2,4-D	Kinetin			Rata-rata
	0,1 ppm	0,5 ppm	1,0 ppm	
1 ppm	0.39	0.34	0.32	0.35
2 ppm	0.38	0.36	0.43	0.39
3 ppm	0.37	0.36	0.33	0.35
4 ppm	0.38	0.35	0.33	0.35
5 ppm	0.41	0.33	0.32	0.35
Rata-rata	0.39 (b)	0.35 (a)	0.34 (a)	0.36

Berdasarkan hasil uji Anova zat pengatur tumbuh kinetin sangat berpengaruh terhadap parameter berat kalus. Pemberian 0,5 ppm dan 1,0 ppm kinetin tidak berbeda nyata, akan tetapi berbeda nyata dengan pemberian konsentrasi 0,1 ppm kinetin.

Pemberian zat pengatur tumbuh auksin dan sitokinin sangat berpengaruh terhadap berat kalus yang terbentuk. Pemberian 2,4-D dalam konsentrasi tinggi hanya mampu memberikan respon pembengkakan, karena itu diperlukan penambahan konsentrasi

sitokinin yang diharapkan mampu memicu pembelahan sel lebih cepat. Adanya pembelahan sel maka akan terjadinya pertumbuhan. Pertumbuhan adalah peningkatan permanen ukuran organisme atau bagian dari tumbuhan yang merupakan hasil dari peningkatan jumlah dan ukuran sel. Pertumbuhan dicirikan dengan bertambahnya berat yang irreversible. Berat yang dihasilkan sangat tergantung pada kecepatan sel-sel tersebut membelah diri, memperbanyak diri dan dilanjutkan dengan membesarnya kalus (Indah dan Dini, 2013).

KESIMPULAN

1. Pemberian zat pengatur tumbuh 2,4-D dan kinetin tidak terjadi interaksi pada parameter waktu muncul kalus dan berat kalus.
2. Pemberian berbagai taraf konsentrasi zat pengatur tumbuh 2,4-D dan kinetin dapat membentuk kalus 100%. Pembentukan kalus tercepat 15,3 HSK pada pemberian taraf konsentrasi 1 ppm 2,4-D dan 0,1 ppm kinetin.
3. Pemberian konsentrasi 2 ppm 2,4-D dan 1,0 ppm kinetin menghasilkan berat kalus terberat pada eksplan asal daun kayu manis.

DAFTAR PUSTAKA

- Andaryani, S. 2010. Kajian Penggunaan Berbagai Konsentrasi BAP dan 2,4-D terhadap Induksi Kalus Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) secara In Vitro. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Chawla, H. S. 2003. Plant Biotechnology Laboratory Manual for Plant Biotechnology. Oxford & IBH Publishing. New Delhi.
- Fadilah, R, E. Nurahmi dan Isnawati. 2014. Induksi dan pertumbuhan kalus daun tin (*Ficus carica*) dengan penambahan berbagai kombinasi konsentrasi IBA dan kinetin pada media MS secara *in vitro*. LenteraBio Vol. 3 No 3 : 141–146.
- Gunawan. L. W. 1995. Teknik Kultur *In Vitro* dalam Hortikultura. Penerbit Penebar Swadaya. Jakarta.
- Hadi. Q. A dan R. M. Napitulu. 2011. 10 Tanaman Investasi Pendulang Rupiah. Penerbit Penebar Swadaya. Jakarta.
- Hendaryono, P., S. Daisy dan A. Wijayani. 1994. Teknik Kultur Jaringan. Yogyakarta: Kanisius.
- Herwinaldo, D. C. 2010. Pengaruh Variasi Konsentrasi Sukrosa terhadap Pertumbuhan dan Induksi Embriogenesis Somatik Kultur Kalus Tapak Dara (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don). Skripsi. Fakultas MIPA. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Ikeuchi M, Sugimoto K, & Iwase A. 2013. Review: Plant Callus: Mechanisms of induction and repression. The Plant Cell, Vol. 25: 3159–3173.
- Indah N. P. dan E. Dini. 2013. Induksi daun nyamplung (*Calophyllum inophyllum* Linn.) pada beberapa kombinasi konsentrasi 6-Benzylaminopurine (BAP) dan 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4- D). Jurnal Sains dan Seni Pomits. 2 (1) : 2337-3520.
- Kementerian Pertanian. 2017. Statistik Dinas Perkebunan 2011-2015. Jakarta. Di unduh dari www.pertanian.go.id/ (di akses 23 agustus 2017).
- Lizawati, Neliyati dan D. Retna. 2012. Induksi kalus eksplan daun durian (*Durio zibethinus* Murr. Cv. Selat Jambi) pada beberapa kombinasi 2,4-D dan BAP. Diunduh dari <https://online-journal.unja.ac.id/index.php/bioplante/article/view/1739> (diakses 25 oktober 2016)
- Manuhura, Y. S. W. 2001. Regenerasi tanaman sawi (*Brassica juncea* L. Var Morakot) melalui teknik kultur jaringan, jurnal MIPA Universitas Airlangga 6(2):127-130

- Rahayu. B. Solichatun. Anggarwulan. E. 2003. Pengaruh asam 2,4-Diklorofenoksiasetat (2,4-D) terhadap pembentukan dan pertumbuhan kalus serta kandungan flavonoid kultur kalus *Acalypha indica* L. *Biofarmasi*. Surakarta.
- Rismunandar. 1995, Kayu Manis, Penerbit penebar swadaya. Jakarta.
- Riyadi I dan Tirtaboma. 2004. Pengaruh 2,4-D terhadap induksi embriosomatik kopi arabika. *Buletin Plasma Nutfah* Vol 10 No. 2.
- Sandra. E. 2013. Cara Mudah Memahami dan Menguasai Kultur Jaringan Skala Rumah Tangga. Penerbit IPB Press. Bogor
- Thomy, Z. 2012. Effect of plant growth regulator 2,4-D and BAP on callus growth of plants producing gaharu (*Aquilaria malaccensis* Lamk.). *Prasiding Seminar Hasil Nasional Biologi*. Medan, 11 Mei 2012.
- Wahyuningtiyas. L, R. S. Resmisari dan Nashichuddin. 2014. Induksi kalus akasia (*Acacia mangium*) dengan penambahan kombinasi 2,4-D dan BAP pada media MS. *Jurnal Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi*. Malang.
- Widyawati, Geningsih. 2010. Pengaruh Variasi NAA dan BAP terhadap induksi kalus jarak pagar. *Tesis*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Zulkarnain. 2009. Kultur Jaringan Tanaman : Solusi Perbanyak Tanaman Budidaya. Bumi Aksara, Jakarta.